

2009年1月21~23日西北区寒潮天气过程分析

李文莉, 宋琳琳, 伏晶 (兰州中心气象台, 甘肃兰州 730020)

摘要 利用常规气象观测资料、NCEP/NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料等, 采用天气学原理和方法, 对2009年1月21~23日发生在西北地区的一次寒潮天气过程的影响系统配置、冷空气移动路径及高低空环流形势演变和物理量特征进行了分析。结果表明, 这是一次“横槽转竖型”寒潮过程, 冷空气路径属西北偏北型, 有强冷空气在西伯利亚及贝加尔湖堆积并向南侵袭造成的。物理量的诊断分析发现, 正涡度输送对寒潮爆发有一定的作用; 冷平流强度强, 从温度平流的垂直结构来看, 冷平流中心在700 hPa, 冷空气主要集中在底层; 水汽条件较差, 所以降水较弱; 地面正负3 h 变压差达6 hPa, 利于产生变压风, 造成大风天气。

关键词 寒潮; 天气过程; 西北区

中图分类号 S426 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)10-04502-04

Analysis of A Cold Wave Weather Process in Northwest Area on January 21-23, 2009

LI Wen-li et al (Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou, Gansu 730020)

Abstract Using the routine meteorological observation data, NCEP/NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ reanalysis data, etc, adopting synoptic meteorology principle and methods, the influenced system configuration, cold air path and changing circumstances of the high and low air circulation, and physical characteristics of the cold wave weather process in northwest area on January 21-23, 2009 were analyzed. The results showed that this is a "horizontal groove turning the shaft type" cold wave process, cold air path type belongs to the north by northwest, strong cold air accumulation in western Siberia and Lake Baikal going south caused the cold wave. Through the analysis of the diagnosis of physical quantities, positive vorticity transport having certain effect of cold wave broke out was founded. If the cold advection is strong, from the perspective of the vertical structure of the temperature advection, cold advection center at 700 hPa, cold air is mainly focused on the bottom; Water vapor condition is bad, so precipitation is less. Plus-minus surface pressure variation in 3 hours was up to 6 hPa, which is beneficial to produce allobaric wind, then formed the strong wind weather.

Key words Cold wave; Weather process; Northwest region

寒潮是冬半年影响我国的主要灾害性天气之一^[1]。寒潮是一种大规模的强冷空气活动过程, 常伴有强降温、大风、降水等天气现象^[2], 给农业生产和交通运输带来巨大影响。因此做好寒潮天气预报服务, 采取积极防范其危害措施有相当的现实意义。长期以来, 我国各地的气象工作者从不同角度对寒潮天气过程的形成、移动和影响做过许多研究, 得到了不少有益的成果^[3-7]。笔者利用常规资料、NCEP/NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料等, 对2009年1月21~23日寒潮天气进行了综合分析, 以进一步揭示西北区寒潮的天气成因和物理量特征, 对今后类似天气过程的预警预报和决策服务有重要的启示作用。

1 天气概况

2009年1月21~23日, 西北地区自西向东出现了一次寒潮、强降温天气过程。青海、甘肃、宁夏、陕西四省区大部分地方日最低气温过程降温达6~18℃, 其中青海东部、甘肃河西、中部、陇东、宁夏大部、陕北、关中大部分地方24 h最低温度降温幅度在10℃以上(图1), 达到寒潮标准。伴随冷空气过程, 青海东南部、甘肃河西西部、东部、甘南高原、陕北、关中出现了6~7级大风。这次过程主要以大风、降温为主, 仅在青海东部、甘肃河西、白银、临夏、天水大部分地方出现了微到小量降雪, 其中甘肃高台降中雪(图2)。甘肃河西大部分地方出现1~4 cm积雪。

2 环流形势及影响系统分析

2.1 寒潮源地 寒潮能否爆发, 它与前期一定的大气环流

形势、冷源及冷空气的聚集程度有密切关系^[1]。此次寒潮过程冷空气源地在泰梅尔半岛。1月15日20:00, 在新地岛以东喀拉海附近形成一冷涡, 中心强度为492 dagpm, 对应温度为-45℃; 之后, 大西洋东部低压槽斜压不稳定发展, 位于低槽前的西欧高压脊受到暖平流动力加压作用迅速发展, 脊线由NW-SE向逐渐转为S-N向, 同时脊点向北升展, 环流经向度明显加大, 脊前偏北气流引导极地冷空气不断向南输送, 高脊东侧的低槽区扩大、加深; 18日, 在泰梅尔半岛形成冷涡, 冷涡中心值达-48℃; 此后该系统南下发展, 造成寒潮天气过程(图3)。

2.2 寒潮酝酿过程 强冷空气在西伯利亚堆积是寒潮爆发的必要条件^[1]。1月19~21日是寒潮的酝酿过程。这一期间, 乌拉尔山高压脊发展, 脊线向东北方向伸展, 脊前东北气流引导极地冷空气南下, 由于冷平流的作用, 促使低压槽发展并向南加深(图4)。19日20:00~20日20:00是低槽发展阶段, 低槽迅速向南加深, 并形成一横槽(图4a、b)。20日08:00~21日08:00是冷空气积聚阶段。低槽中心缓慢东移南压, 高空锋区加强; 至21日08:00, 高空锋区位于50°N附近, 呈NW-SE走向, 等温线密集(图4c)。500 hPa冷涡中心温度已达-53℃, 700、850 hPa冷中心强度也分别达-39和-33℃。槽线西端到达巴湖以北。地面等压面图上(图5), 在西伯利亚有强大的冷高压, 中心强度达1 060 hPa, 高压前部有冷锋, 锋面位于蒙古东部至甘肃河西西部。这些迹象表明冷空气堆积已初步形成, 具备了寒潮爆发的首要条件。从图4~5还可以清楚看到, 西伯利亚低涡旋转, 带动极地小股冷空气补充南下, 它对寒潮的爆发起到一定的作用。

2.3 寒潮爆发过程 21日20:00 500 hPa高空图上(图6a),

基金项目 中国气象局行业专项(GYHY201206029)。

作者简介 李文莉(1977-), 女, 甘肃靖远人, 工程师, 从事中短期天气预报及相关研究, E-mail: 281531902@qq.com。

收稿日期 2013-03-07

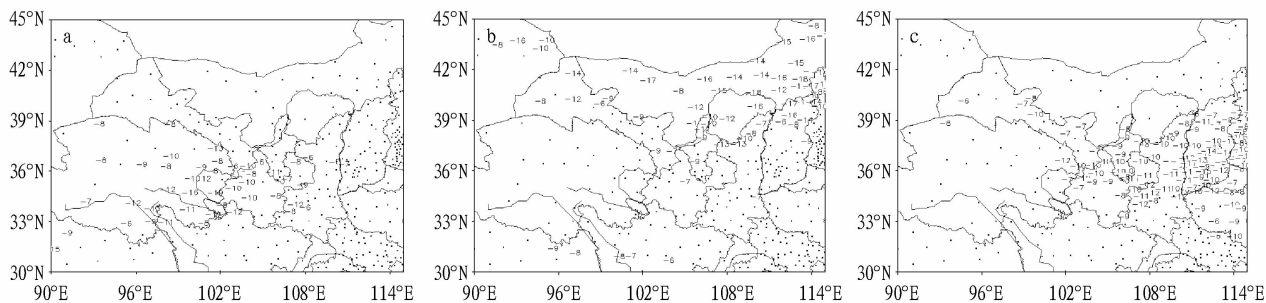


图1 2009 年 1 月 21 日(a)、22 日(b)和 23 日(c)最低气温 24 h 变温

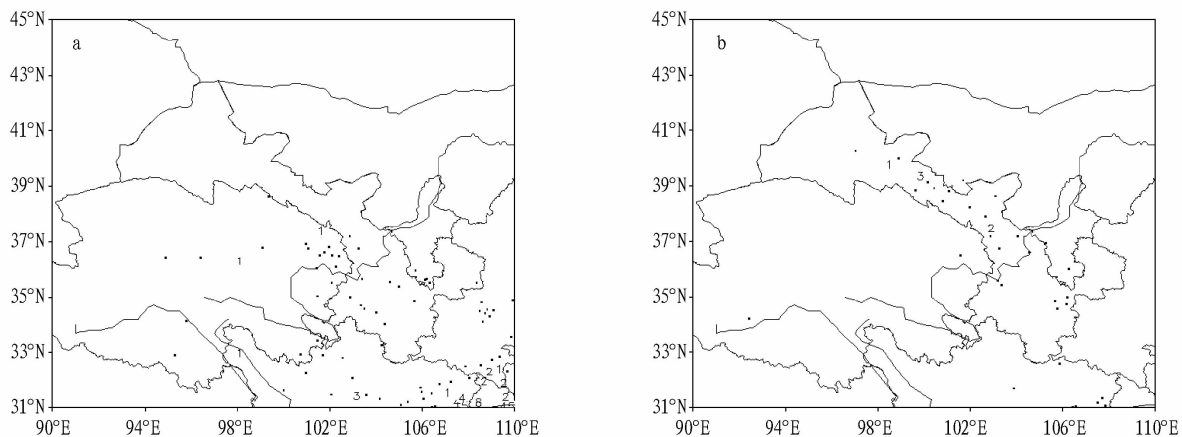


图2 2009 年 1 月 20 日 08:00 ~ 21 日 08:00 (a) 和 22 日 08:00 ~ 23 日 08:00 (b) 24 h 降水量

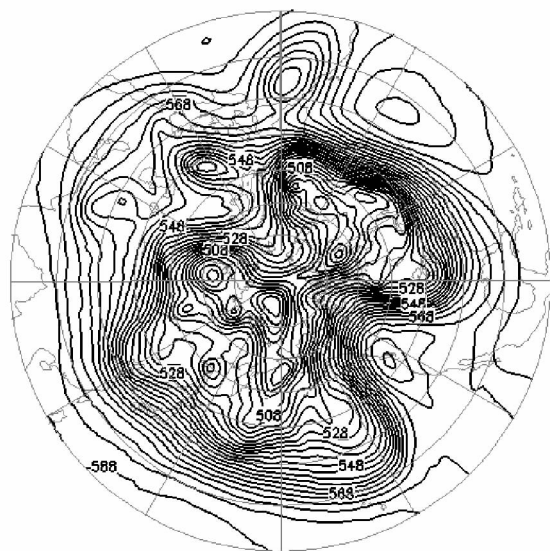


图3 2009 年 1 月 18 日 08:00 500 hPa 高度场

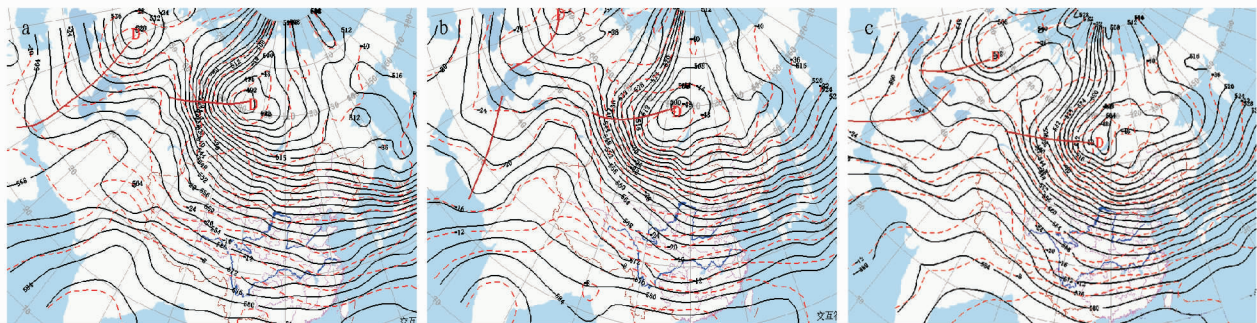
横槽东移南压,中心位于贝加尔湖以东地区,横槽前蒙古国到我偏北地方形成一支西北风急流;乌山脊发展,脊前东北气流加强;横槽西段涡度明显大于东段,说明横槽西段加深比东段快,有利于横槽转竖;槽前正涡度平流使横槽前东南方产生负变高,横槽后部是暖平流正变高,正负变高走向呈 NW-SE 向、中心差值超过 48 dagpm(图 7),这预示了横槽即将转竖。另外,冷中心超前于横槽,这也预示着横槽即将转竖。22 日 08:00(图 6b),乌山脊强烈发展,脊前东北风转为偏北风,脊前横槽后的偏北急流风带南压,急流核位于

55°N、100°E 附近,这也为横槽转竖提供了有利的动力条件;22 日 20:00(图 6c),500 hPa 横槽转竖,并东移至东北至华北、西北地区东部,寒潮爆发。地面冷锋动态图上(图 8)可以看出,这次过程是西北偏北路径。

3 物理量诊断分析

3.1 涡度平流分析 500 hPa 涡度平流场上,21 日 08:00,有 2 个正涡度中心,一个位于新疆东部至蒙古国西部,中心值达 20 s^{-1} ,另一个位于我国东北到华北、西北一线,中心在华北,达 30 s^{-1} (图 9a);21 日 20:00,蒙古国西部的正涡度中心东移至甘肃省中部到宁夏附近(图 9b)。这 2 个正涡度中心对应着前面提到的西伯利亚低涡旋转下来的冷空气所带来的正涡度输送,正涡度的输送对寒潮爆发有一定的作用。

3.2 温度平流分析 此次寒潮天气过程中,强盛的冷平流是造成气温骤降的主要原因。700 hPa 温度平流演变显示(图 10),21 日 08:00,冷平流进入新疆东部至甘肃河西西部,冷平流中心位于蒙古国中部,中心值为 $-30 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C/s}$,表明冷空气很强;同时在巴湖东部—新疆北部又有一股冷平流,中心强度 $-25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C/s}$;到 21 日 20:00,两股冷平流合并加强,形成 2 个冷平流中心,分别位于内蒙东部到华北和内蒙西部到甘肃河西东部、宁夏一带,冷平流中心值分别为 -34×10^{-6} 和 $-29 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C/s}$;22 日 08:00,冷平流范围明显加大、强度加强,前沿扩展到山东、河南北部,有 2 个冷平流中心,分别位于华北($-77 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C/s}$)、甘肃陇东到陕北($-47 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C/s}$);22 日 20:00,冷空气继续南压,冷平流覆盖了我国中东部大部分地区。从温度平流的垂直结构来看,



注:a. 19 日 20:00;b. 20 日 20:00;c. 21 日 08:00。

图4 2009 年 1 月 19 ~ 21 日 500 hPa 高度场

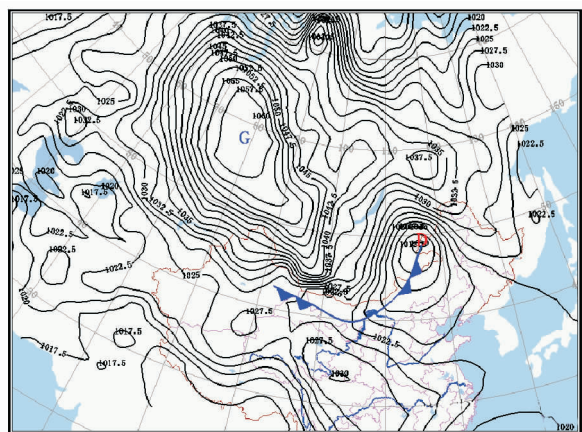
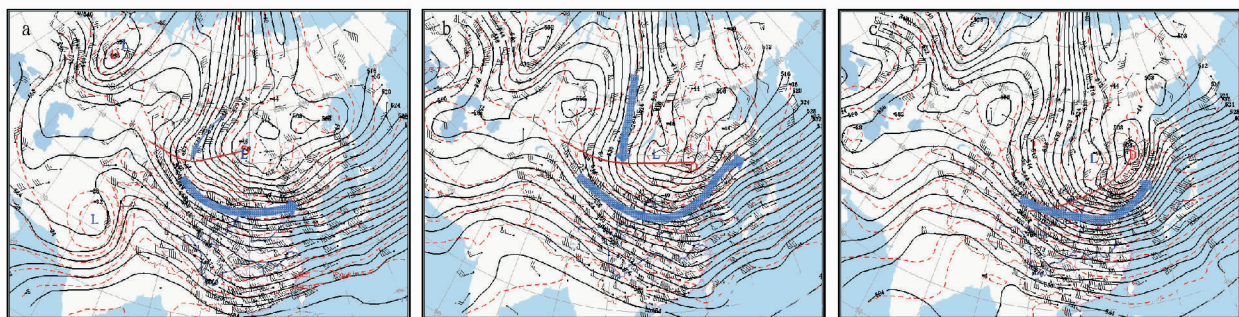


图5 2009 年 1 月 21 日 08:00 地面形势

冷平流中心在 700 hPa,冷空气主要集中在底层。

3.3 水汽条件分析 20~21 日白天,整个甘肃湿度条件比较差,700 hPa 相对湿度基本维持在 30% 以下;21 日 20:00,河西走廊西部 700 hPa 相对湿度增大至 100%;22 日 08:00,湿度中心东移至河西走廊中部(90%);随后湿度中心减弱东移,至 21 日 20:00,湿度中心位于内蒙古中部(70%)。此次寒潮过程在西北区范围内没有南支系统配合,西北区降水主要的南路水汽来源的水汽输送难以到达。从水汽通量图上看,这次过程主要水汽来源是黑海—里海—咸海一带。因此降水主要出现在河西。

3.4 地面气压梯度分析 温度平流与地面风场之间是通过变压场相互关联和促进的。强冷平流不仅会造成气温骤降,



注:a. 21 日 20:00;b. 22 日 08:00;c. 22 日 20:00。

图6 2009 年 1 月 21 ~ 22 日 500 hPa 高度场

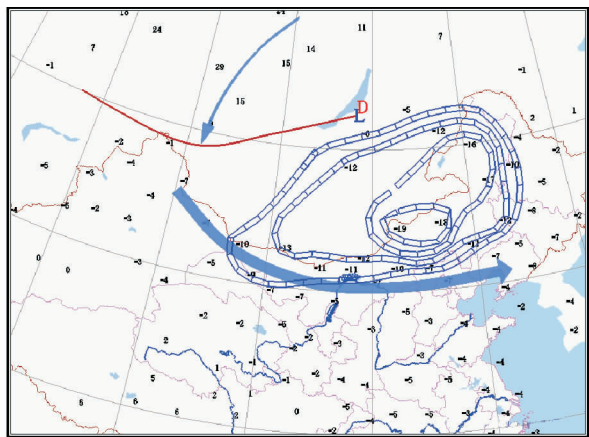


图7 2009 年 1 月 21 日 20:00 500 hPa 24 h 负变高

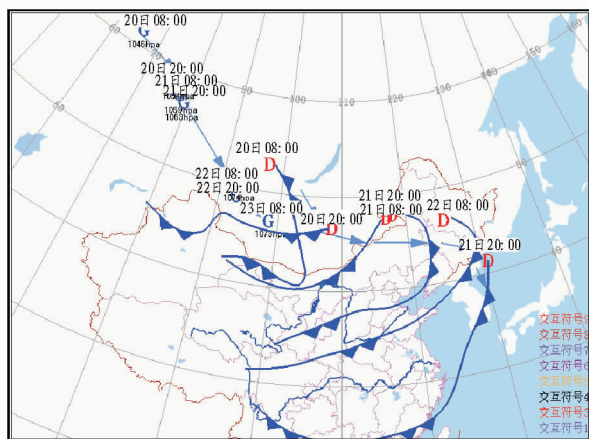


图8 2009 年 1 月 20 日 08:00 ~ 22 日 20:00 冷锋动态图

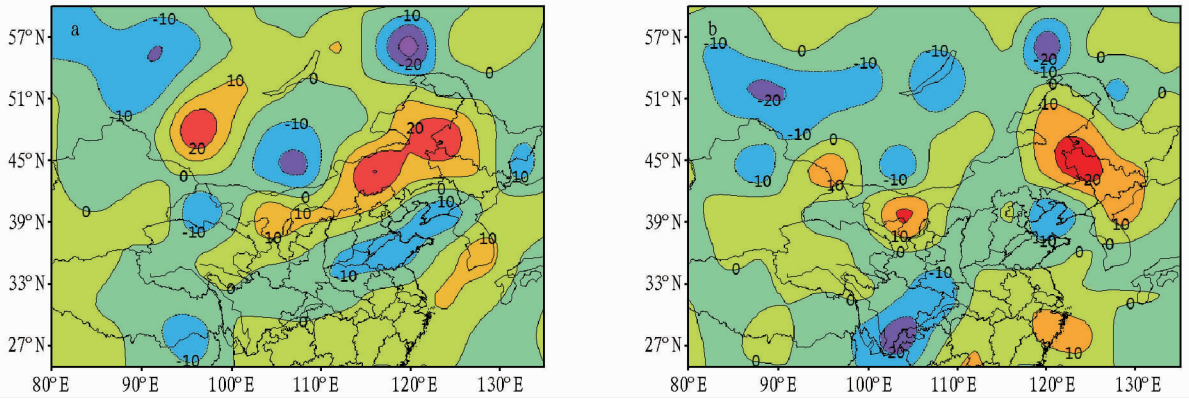
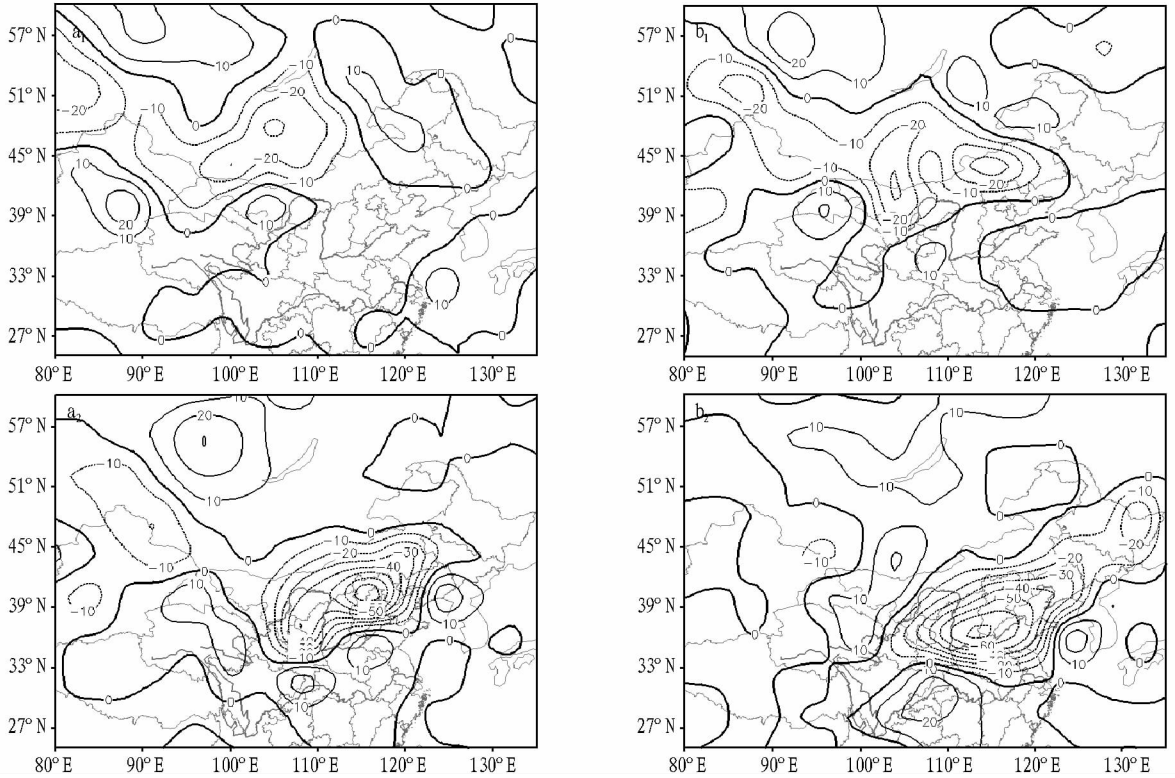


图 9 2009 年 1 月 21 日 08:00 (a) 和 20:00 (b) 500 hPa 势度平流



注: a₁、b₁ 为 21 日; a₂、b₂ 为 22 日。

图 10 2009 年 1 月 21 ~ 22 日 08:00 (a) 和 20:00 (b) 700 hPa 温度平流

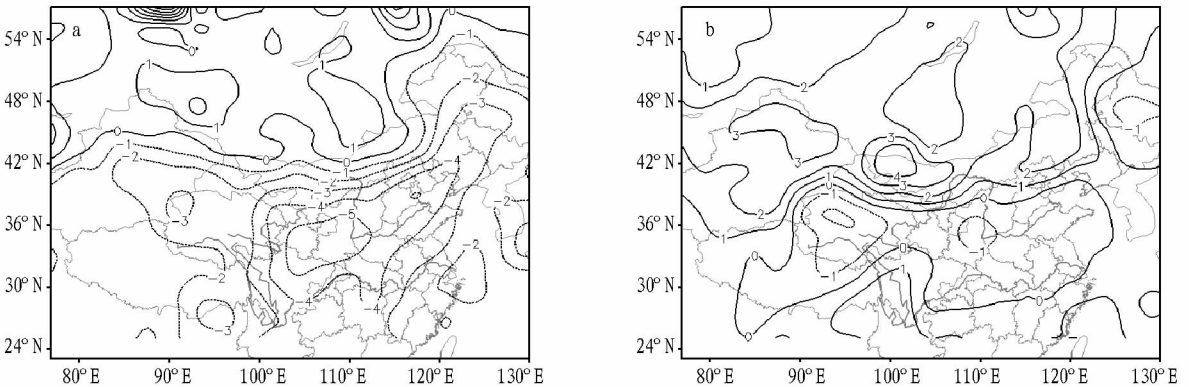


图 11 2009 年 1 月 21 日 14:00 (a) 和 20:00 (b) 地面 3 h 变压

还会使地面正变压场加强、地面变压梯度和气压梯度增大, 促使地面风场发展^[1]。21 日 08:00, 正 3 h 变压中心位于蒙

古国西部, 中心值 2.9 hPa, 2 个负 3 h 变压中心分别位于内
(下转第 4518 页)

3 差值产生原因

3.1 测量仪器及观测原理产生的差值 自动气象站与人工观测所使用仪器的感应元件不同、测量原理亦不同,因此,观测数据产生差值是必然的^[5]。

3.2 观测数据采集方法及观测样本不同 自动站采集的数据为每分钟的平均值,每一次测量值均为多个观测样本的平均值,如气压、温度为每10 s采集1个样本值,每分钟6个数据,去掉1个最大值和1个最小值后,剩下的4个观测样本求算术平均作为瞬时值。而人工站仅是由观测员观测瞬时值,因此自动站与人工站记录值采集方式和算法均有不同程度差异。

3.3 观测时间不一致 自动站采用正点的气温值作为正点数据,而人工观测气温时间在47分,与自动站存在13 min的时差,尽管气压的人工观测时间要求尽量接近正点,但总还是存在一些时差。此差异容易受天气变化以及气温或气压日变化等条件的影响而出现波动造成偏差,且这种差值随时间的变化速率和变化幅度大小而不同。一般而言,气象要素随时间的变化越大,则自动站与人工观测数据间的差值也越大。

3.4 感应器安装位置及所处环境不同 人工站气压表安装在室内,而自动站气压传感器安装在室外观测场,室内外2种仪器安装的环境不同容易造成观测数据偏差。

3.5 人工观测误差与人工干预 人工观测容易因姿势不正确造成视差或因粗心马虎产生误读,自动站仪器从安置好后基本固定不变,保持一个恒定的状态;人工站最高、最低温度表每日要进行人工调整,调整是否到位、安放是否符合规范

标准,对观测数据影响较大。

4 结论

通过对青县气象站2009年1月~2010年12月平行观测期间气压、气温资料的统计对比分析发现,由于观测仪器和观测原理的差异、数据采集时间与方法不同、感应器安装位置及所处环境不同以及人工干预与观测误差等主观因素的客观存在,使得自动站与人工观测值存在一些差值。统计发现,自动站与人工观测值月平均气压差值为 $-0.7 \sim 0.1$ hPa,月平均最高气压差值为 $-0.5 \sim 0.4$ hPa,月平均最低气压差值为 $-0.7 \sim 0.2$ hPa,月极端最高气压差值为 $-0.3 \sim 0.6$ hPa,月极端最低气压差值为 $-1.1 \sim 0.1$ hPa;月平均气温差值为 $-0.2 \sim 0$ °C,月平均最高气温差值为 $-0.4 \sim 0$ °C,月平均最低气温差值为 $-0.1 \sim 0.2$ °C,月极端最高气温差值为 $-0.3 \sim 0.3$ °C,月极端最低气温差值为 $-0.3 \sim 0.3$ °C。但些些差值均在自动站允许范围之内,自动站比人工站更具有空间代表性和时间代表性,同时也更具有比较性和准确性^[6]。

参考文献

- [1] 国家气象局气候监测应用管理司. 气象仪器和观测方法指南[M]. 北京:气象出版社,1992.
- [2] 曹丽娟,肖苏君. 内蒙古自动站与人工观测数据差异对比分析[J]. 气象与环境学报,2010,26(5):64-68.
- [3] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2007.
- [4] 吴晶. 习水自动站与人工站气温与本站气压观测数据的差异对比[J]. 农技服务,2011,28(7):1048,1050.
- [5] 宋军,高磊,王秀萍,刘莉,等. 大连自动站与人工站观测数据的差异对比分析[J]. 气象与环境学报,2009,25(1):58-61.
- [6] 梁剑峰. 地面气象观测人工站与自动站记录差异分析[J]. 气象水文海洋仪器,2010,27(4):47-49,53.

(上接第4505页)

蒙古东部-吉林附近(中心值 -1.8 hPa)、甘肃酒泉(-1.6 hPa),正负3 h之间变压差为 4.7 hPa;随着锋面的东移,21日14:00(图11a),正3 h变压中心位于蒙古国西部,中心值为 2.2 hPa,负变压中心位于陇南、天水-陕西关中,中心值达 -7.1 hPa,变压差增大至 9.3 hPa,预示着冷空气将向东南移动;到21日20:00(图11b),冷锋已东移至甘肃河西南部,锋后等压线更加密集,气压梯度大,冷锋后已造成大范围的强降温,锋面前后3 h变压差达 6.1 hPa,利于产生变压风,造成大风天气。

4 小结

(1)这是一次“横槽转竖型”寒潮过程,冷空气路径属西北偏北型。

(2)乌山脊发展,脊前偏北气流引导极地冷空气南下,使槽后冷平流加强并引导低槽向南加深,冷空气在蒙古国西部堆积,随后向东南方向移动。乌山脊减弱、脊前东北气流转为偏北气流,风速加大;槽前负变高、槽后暖平流正变高、冷中心超前于横槽,且西伯利亚低涡旋转带来正涡度补充,使得横槽转竖,寒潮爆发。

(3)此次过程冷空气路径偏北,极地冷空气沿东南下,甘

肃中部、陇东强烈降温。冷平流强度强,从温度平流的垂直结构来看,冷平流中心在 700 hPa,冷空气主要集中在底层。

(4)此次寒潮过程在西北区范围内主要以降温、大风天气为主,降水较弱。由于没有南支系统配合,西北区降水主要的南路水汽来源的水汽输送难以到达。从水汽通量图上看,这次过程主要水汽来源是黑海-里海-咸海一带,因此降水主要出现在河西。

(5)地面正负3 h变压差达 6.1 hPa,利于产生变压风,造成大风天气。

参考文献

- [1] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理与分析[M]. 北京:气象出版社,2003:266-318.
- [2] 杨民,王鹏祥,孙兰东,等. 一次寒潮天气综合诊断[J]. 甘肃气象,1999,17(4):6-9.
- [3] 陈豫英,陈楠,聂金鑫,等. 2011年3月宁夏一次寒潮天气过程诊断[J]. 干旱气象,2012,30(1):88-93.
- [4] 陈豫英,陈楠,邵建,等. 2008年12月两次寒潮天气对比分析[J]. 气象,2009,35(11):29-38.
- [5] 牛若芸,乔林,陈涛,等. 2008年12月2~6日寒潮天气过程分析[J]. 气象,2009,35(12):74-82.
- [6] 许爱华,乔林,詹丰兴,等. 2005年3月一次寒潮天气过程的诊断分析[J]. 气象,2006,32(3):49-55.
- [7] 罗晓玲,刘明春,严志明. 2011年3月12~14日河西走廊东部区域性寒潮天气分析[J]. 安徽农业科学,2012,40(9):5571-5574.